

49 Du golf, de la Lune à la Terre

Utiliser un modèle • Exploiter un énoncé

Lors de la mission Apollo 14, le 6 février 1971, l'astronaute Alan Shepard frappa deux balles de golf sur la Lune. Si la manœuvre ne fut pas aisée (en raison de la combinaison pressurisée portée par les astronautes), il

semble qu'Alan Shepard soit arrivé, avec une seule main, à envoyer une balle à une distance de 400 m.

La masse d'une telle balle de golf est $m = 45,0 \text{ g}$. La norme du champ de pesanteur lunaire est $g_L = 1,62 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

On imagine que ce lancer a été réalisé avec une vitesse initiale \vec{v}_0 formant un angle $\alpha = 45,0^\circ$ au-dessus de l'horizontale.

a. En détaillant le raisonnement et en précisant les hypothèses effectuées, déterminer la vitesse initiale v_0 ayant permis d'atteindre une portée $L = 400 \text{ m}$.

b. Quelle aurait été la portée d'un tel tir sur Terre, dans le cas où, comme sur la Lune, la balle n'aurait subi que son poids (on néglige l'action de l'air) ?



Vidéo

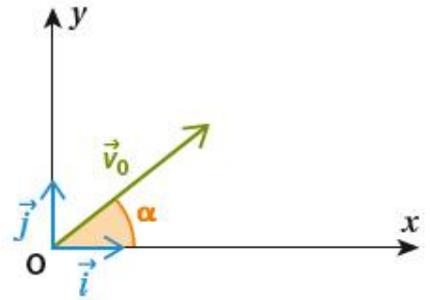
Du golf sur la Lune

hatier-clic.fr/pct367

49 a. On déduit du schéma ci-contre :

$$\begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos(\alpha) \\ v_{0y} = v_0 \sin(\alpha) \end{cases}$$

Le système étant soumis uniquement à son poids, la deuxième loi de



Newton s'écrit $m\vec{a} = \vec{P}$.

Comme $\vec{P} = m\vec{g}$, ainsi $\vec{a} = \vec{g}_L = -g_L \vec{j}$: le mouvement du système est uniformément accéléré.

Sachant que $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ et que $\vec{a} = \vec{g}_L$, on a en projection

$$\text{sur les axes : } \begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = 0 \\ \frac{dv_y}{dt} = -g_L \end{cases}$$

En cherchant les primitives et en utilisant les conditions initiales ($\vec{v}(0) = \vec{v}_0$), on en déduit que :

$$\begin{cases} v_x(t) = v_0 \cos(\alpha) \\ v_y(t) = -g_L t + v_0 \sin(\alpha) \end{cases}$$

Sachant que $\vec{v}(t) = \frac{d\vec{OM}}{dt}(t)$, on a donc :

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = v_0 \cos(\alpha) \\ \frac{dy}{dt} = -g_L t + v_0 \sin(\alpha) \end{cases}$$

En cherchant les primitives et en utilisant les conditions initiales (le système est à l'origine), on en

$$\text{déduit : } \begin{cases} x(t) = v_0 \cos(\alpha) t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g_L t^2 + v_0 \sin(\alpha) t \end{cases}$$

Lorsque $y = 0$, cela correspond au moment où le système décolle (à $t = 0$) et au moment de

l'alunissage $t = t_1$. Ainsi, $0 = -\frac{1}{2} g_L t^2 + v_0 \sin(\alpha) t$.

$$\text{En factorisant par } t : \quad 0 = t \left(-\frac{1}{2} g_L t + v_0 \sin(\alpha) \right)$$

Cette équation est vraie :

- si $t = 0$;
- si $-\frac{1}{2} g_L t_1 + v_0 \sin(\alpha) = 0$ soit $t_1 = \frac{2v_0 \sin(\alpha)}{g_L}$.

réécriture énoncé

49 Du golf, de la Lune à la Terre

Utiliser un modèle • Exploiter un énoncé

Lors de la mission Apollo 14, le 6 février 1971, l'astronaute Alan Shepard frappa deux balles de golf sur la Lune. Si la manœuvre ne fut pas aisée (en raison de la combinaison pressurisée portée par les astronautes), il

semble qu'Alan Shepard soit arrivé, avec une seule main, à envoyer une balle à une distance de 400 m.

La masse d'une telle balle de golf est $m = 45,0 \text{ g}$. La norme du champ de pesanteur lunaire est $g_L = 1,62 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

On imagine que ce lancer a été réalisé avec une vitesse initiale \vec{v}_0 formant un angle $\alpha = 45,0^\circ$ au-dessus de l'horizontale.

a. En détaillant le raisonnement et en précisant les hypothèses effectuées, déterminer la vitesse initiale v_0 ayant permis d'atteindre une portée $L = 400 \text{ m}$.

b. Quelle aurait été la portée d'un tel tir sur Terre, dans le cas où, comme sur la Lune, la balle n'aurait subi que son poids (on néglige l'action de l'air) ?



Vidéo

Du golf sur la Lune

hatier-clic.fr/pct367

La portée correspond à l'abscisse de ce point, soit

$$x(t_1) : \quad x(t_1) = v_0 \cos(\alpha) t_1$$

En remplaçant dans cette expression l'expression de

$$t_1, \text{ on obtient :} \quad x(t_1) = \frac{2v_0^2 \cos(\alpha) \sin(\alpha)}{g_L}$$

$$\text{d'où } v_0 = \sqrt{\frac{x(t_1) g_L}{2 \cos(\alpha) \sin(\alpha)}}$$

Application numérique :

$$v_0 = \sqrt{\frac{400 \times 1,62}{2 \times \cos(45,0^\circ) \times \sin(45,0^\circ)}} = 21,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

b. Sur Terre, un tel tir aurait eu une portée de :

$$x(t_1) = \frac{2v_0^2 \cos(\alpha) \sin(\alpha)}{g} = \frac{2 \times 21,4^2 \times \cos(45,0^\circ) \times \sin(45,0^\circ)}{9,81}$$

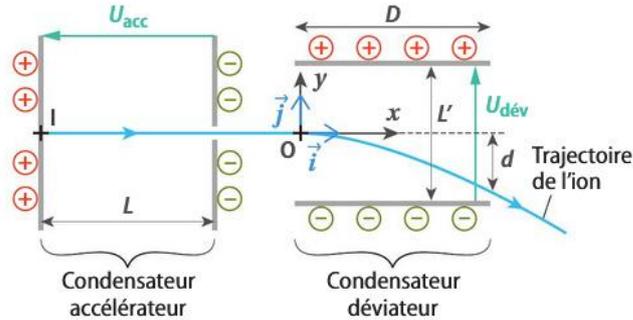
$$x(t_1) = 46,7 \text{ m}$$

52 Un spectromètre de masse avec deux condensateurs, c'est possible ?

Utiliser un modèle • Exploiter un énoncé

Un spectromètre de masse est un outil physique qui permet de déterminer la masse d'un ion à partir de sa déviation dans un champ magnétique. Dans cet exercice, on cherchera à comprendre pourquoi on ne peut pas obtenir la même information avec des condensateurs plans.

On étudie un ion (de masse m et de charge électrique q) modélisé par un point qui est introduit au point I dans un condensateur accélérateur (tension U_{acc} ; distance entre armatures L) sans vitesse initiale, puis dévié dans un condensateur déviateur (tension $U_{\text{dév}}$; distance entre armatures L' ; longueur D).



a. L'ion étudié est-il porteur d'une charge électrique positive ou négative ? Justifier.

b. En utilisant une approche énergétique, montrer que la vitesse de l'ion à la sortie du condensateur accélérateur

a une norme :
$$v_0 = \sqrt{\frac{2qU_{\text{acc}}}{m}}$$

c. L'origine du repère est la position initiale de l'ion dans le déviateur. L'ion ne subit que la force électrique. Déterminer les équations horaires de la vitesse et de la position de l'ion à l'intérieur de ce condensateur.

d. Déterminer l'équation de la trajectoire de l'ion et montrer que la déviation en sortie est :
$$d = \frac{U_{\text{dév}}D^2}{4U_{\text{acc}}L'}$$

Répondre à la question du titre de l'exercice.

52 a. Sur le schéma, l'ion est accéléré en étant repoussé par des charges positives (et attiré par des négatives), il porte donc une charge positive.

b. À l'instant initial, la vitesse de l'ion est nulle, son énergie cinétique aussi : $E_c(I) = 0$

À la sortie du condensateur accélérateur, l'énergie cinétique de l'ion est : $E_c(F) = \frac{1}{2}mv_0^2$

Au cours de l'accélération, le travail de la force électrique (constante) est moteur et vaut :

$$W_{IF}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{IF} = FL$$

Comme $\vec{F} = q\vec{E}$ et que q est positif, $W_{IF}(\vec{F}) = qE_{\text{acc}}L$.

Comme la norme du champ électrique est $E_{\text{acc}} = \frac{U_{\text{acc}}}{L}$:

$$W_{IF}(\vec{F}) = q\frac{U_{\text{acc}}}{L}L = qU_{\text{acc}}$$

D'après le théorème de l'énergie cinétique :

$$E_c(F) - E_c(I) = W_{IF}(\vec{F}) = qU_{\text{acc}}$$

Soit $E_c(F) = qU_{\text{acc}}$ d'où $\frac{1}{2}mv_0^2 = qU_{\text{acc}}$

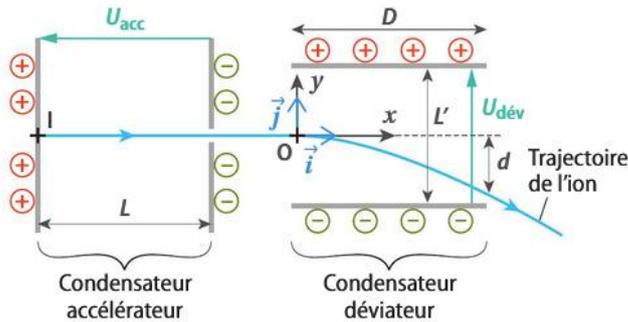
réécriture énoncé

52 Un spectromètre de masse avec deux condensateurs, c'est possible ?

Utiliser un modèle • Exploiter un énoncé

Un spectromètre de masse est un outil physique qui permet de déterminer la masse d'un ion à partir de sa déviation dans un champ magnétique. Dans cet exercice, on cherchera à comprendre pourquoi on ne peut pas obtenir la même information avec des condensateurs plans.

On étudie un ion (de masse m et de charge électrique q) modélisé par un point qui est introduit au point I dans un condensateur accélérateur (tension U_{acc} ; distance entre armatures L) sans vitesse initiale, puis dévié dans un condensateur déviateur (tension $U_{dév}$; distance entre armatures L' ; longueur D).



a. L'ion étudié est-il porteur d'une charge électrique positive ou négative ? Justifier.

b. En utilisant une approche énergétique, montrer que la vitesse de l'ion à la sortie du condensateur accélérateur

a une norme :
$$v_0 = \sqrt{\frac{2qU_{acc}}{m}}$$

c. L'origine du repère est la position initiale de l'ion dans le déviateur. L'ion ne subit que la force électrique.

Déterminer les équations horaires de la vitesse et de la position de l'ion à l'intérieur de ce condensateur.

d. Déterminer l'équation de la trajectoire de l'ion et montrer que la déviation en sortie est : $d = \frac{U_{dév} D^2}{4U_{acc} L'}$

Répondre à la question du titre de l'exercice.

On obtient $v_0 = \sqrt{\frac{2qU_{acc}}{m}}$.

c. Le système étant soumis uniquement à la force électrique, la deuxième loi de Newton s'écrit $m\vec{a} = \vec{F}$. Comme $\vec{F} = q\vec{E}$, cela donne $m\vec{a} = q\vec{E}$.

q est positif et $\vec{E} = -E\vec{j}$. Ainsi, $\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E} = -\frac{qE}{m}\vec{j}$: le mouvement du système est uniformément accéléré.

Sachant que $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ et que $\vec{a} = -\frac{qE}{m}\vec{j}$, on a en

projection sur les axes :
$$\begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = 0 \\ \frac{dv_y}{dt} = -\frac{qE}{m} \end{cases}$$

En cherchant les primitives et en utilisant les conditions initiales ($\vec{v}(0) = \vec{v}_0$), on en déduit que :

$$\begin{cases} v_x(t) = v_0 \\ v_y(t) = -\frac{qE}{m}t \end{cases}$$

Sachant que $\vec{v}(t) = \frac{d\vec{OM}}{dt}(t)$, on a donc :
$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = v_0 \\ \frac{dy}{dt} = -\frac{qE}{m}t \end{cases}$$

En cherchant les primitives et en utilisant les conditions initiales (le système est à l'origine), on en

déduit :
$$\begin{cases} x(t) = v_0 t \\ y(t) = -\frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2 \end{cases}$$

d. En isolant t dans la première égalité : $t = \frac{x}{v_0}$

On obtient l'équation de la trajectoire de l'électron :

$$y = -\frac{1}{2} \frac{qE}{m} \left(\frac{x}{v_0}\right)^2$$

Soit, comme $E = \frac{U_{dév}}{L'}$:
$$y(x) = -\frac{qU_{dév}}{2mL'} \frac{x^2}{v_0^2}$$

On peut alors remplacer l'expression de $v_0 = \sqrt{\frac{2qU_{acc}}{m}}$.

On obtient :
$$y(x) = -\frac{qU_{dév}}{2mL'} \frac{m}{2qU_{acc}} x^2$$

En simplifiant :
$$y(x) = -\frac{U_{dév}}{4L'U_{acc}} x^2$$

Lorsque $x = D$, en sortie du condensateur déviateur, $y(D) = -\frac{U_{dév}}{4L'U_{acc}} D^2$. D'où la déviation : $d = \frac{U_{dév}}{4L'U_{acc}} D^2$

Cette déviation dépend des dimensions du condensateur déviateur, et des deux tensions utilisées. Cette déviation ne dépend pas de la masse de l'ion (ni de sa charge).

En mesurant cette déviation, on ne peut accéder aux grandeurs caractéristiques de l'ion.

PRÉSENTER UNE QUESTION



La balistique externe est-elle une science exacte ?

Fiche Préparer le Grand Oral p. 596

→ Mener la recherche pendant l'année

Mots-clés

balistique • balistique externe •
précision d'un tir

Sources à privilégier

- Les sites spécialisés en police scientifique
- Les encyclopédies en ligne (Wikipédia)

→ Choisir une étude de cas

Il existe différentes affaires criminelles dans lesquelles s'est illustrée la balistique externe. On peut en choisir une dans laquelle la balistique externe a permis de faire avancer l'enquête et une autre où la balistique externe a mené à de mauvaises conclusions. On peut même faire l'analyse d'une série ou d'un film où la balistique est employée.



Bons réflexes à l'oral

Qualité des connaissances

Sur un sujet qui s'apparente à un sujet de société, il ne faut pas perdre de temps à décrire une affaire en particulier, mais concentrer l'exposé sur les aspects scientifiques en lien avec le cours vu au Lycée.

Qualité de la prise de parole en continu

Lors de l'interaction avec le jury, il faut contextualiser brièvement les connaissances apportées. Le vocabulaire utilisé doit être précis.

→ Proposition de plan et pistes d'étude [TEMPS 1]

Préambule

Pourquoi j'ai choisi cette question.

1. Contexte et présentation générale

- Balistique externe : définition, limites, lois physiques utilisées
- Peut-on connaître tous les paramètres physiques d'un tir dans une situation donnée ?

2. Étude d'un cas particulier

- Hypothèses utilisées pour traiter le cas
- Moyens mis en œuvre pour obtenir, à partir du résultat d'un tir, les conditions initiales de celui-ci
- En quoi les simulations sont-elles fructueuses ?

Ouverture

Pourquoi commet-on des erreurs en balistique ?

Projet d'orientation

Quelles qualifications les agents de la police technique et scientifique ont-ils ?

[TEMPS 3]

Questions possibles du jury

[TEMPS 2]

- Quelles forces un projectile subit-il ? Quelles sont celles que l'on néglige ?
- Quels paramètres influencent la trajectoire et le point d'impact d'un projectile ?
- Un tireur doit-il viser réellement la cible qu'il désire toucher ?
- Quelle accélération un projectile subit-il ? Quelle loi permet de le dire ?
- Quel type de trajectoire est suivie par un projectile ? Comment peut-on le montrer ?
- La masse du projectile a-t-elle une influence sur la trajectoire et ainsi le point d'impact d'un projectile ?

D'AUTRES IDÉES POUR CHOISIR SA QUESTION

› La deuxième loi de Newton pour atteindre une cible

- Est-il possible de concevoir un lanceur de ballon idéal qui enverrait tous les ballons exactement au même endroit ?
- Comment le poisson archer peut-il atteindre sa proie à coup sûr ?

› La deuxième loi de Newton et la propulsion

- Un moteur ionique peut-il détrôner les moteurs chimiques ?
- Peut-on accélérer des objets électriquement chargés, d'échelle macroscopique, dans un accélérateur fonctionnant comme un accélérateur de particules ?



Un poisson archer a la capacité d'envoyer un jet d'eau sur une proie située jusqu'à deux mètres au-dessus de la surface de l'eau.